

INFLUENCE DES ENGRAIS SUR L'ARCHITECTURE ET LA CROISSANCE DU CAFÉIER ROBUSTA

J. SNOECK

Chef de la Division d'agronomie

Centre de recherches de l'IFCC en Côte d'Ivoire *

Ph. de REFFYE

Généticien

Centre de recherches de l'IFCC en Côte d'Ivoire *

Le rendement d'un caféier dépend de deux facteurs principaux : la « fertilité » des fleurs (pourcentage d'ovules transformés en grains) et la « capacité de production », qui englobe à la fois toutes les caractéristiques d'architecture et de croissance (de Reffye et Snoeck). Le premier auteur a mis au point un modèle mathématique simulant

la croissance et l'architecture du *Coffea robusta*. L'application de ce modèle à des caféiers cultivés avec ou sans engrais devrait permettre de déceler la part de chacun des facteurs du rendement sur les augmentations de production enregistrées grâce aux apports d'azote.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

En 1971, sur la station centrale de recherches agronomiques de Divo (Côte d'Ivoire), un essai factoriel NP à trois niveaux a été planté en quatre répétitions avec trois clones sélectionnés. Un premier cycle de récolte a donné de bonnes augmentations de production grâce aux apports de sulfate d'ammoniaque. Le recépage des vieilles tiges est intervenu en décembre 1977 après la récolte. La production de 1978 vient des tire-sève et celle de 1979, des nouveaux rejets. Ces deux premières récoltes du second cycle confirment l'efficacité des engrais azotés (tableau I, p. 260).

Les deux autres clones, 107 et 197, ont également répondu favorablement aux engrais (augmen-

tations respectives de 35 % et de 42 % pour F1 sur le premier cycle), mais seul le clone 182 a été retenu pour la présente étude, parce qu'il a déjà fait l'objet de plusieurs années de mesures dans l'essai B11 sur la station de recherches de Bingerville (Côte d'Ivoire). Grâce à ces mesures, de Reffye a pu calculer les équations caractérisant l'architecture de ce clone et il suffit d'une série de mesures à un instant T donné pour pouvoir refaire le graphe permettant l'estimation du nombre de nœuds plagiotropes (totaux, feuillus et fructifères) que porte le caféier à l'instant T choisi.

Une première série de mesures a été faite le 20 novembre 1978, soit dix mois après le démarrage des nouveaux rejets, sur les dix caféiers de chaque parcelle élémentaire dans les quatre blocs. On a fait les observations suivantes :

tronc : hauteur et nombre de nœuds,

Exposé présenté au 9^e colloque scientifique international sur le café, Londres, juin 1980.

* IFCC, 01 BP 1827, Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

plagiotrope de rang 5 } longueur,
 plagiotrope de rang 10 } nombre de nœuds,
 plagiotrope de rang 15 } nombre de feuilles.

Il n'y avait pas de fruit à cette époque, puisque les troncs n'étaient âgés que de dix mois. On n'a donc que le développement végétatif des nouveaux troncs.

Une seconde série de mesures a été faite le

10 août 1979. On a compté le nombre de nœuds des troncs, le nombre de nœuds totaux des plagiotropes de rangs 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, ainsi que le nombre de nœuds portant des feuilles et des fruits.

Ces comptages permettent d'avoir une image précise du développement des caféiers, image qui devrait être en relation étroite avec les productions figurant dans le tableau I.

TABEAU I

Productions du clone 182, essai D6 à Divo (kg de café marchand/ha)

Engrais	Premier cycle cumul 5 ans 1973-1977	Second cycle tire-sève 1978	1979	% de Fo 1979
Sans engrais FO	10.426	257	1.600	-
60 unités N/ha F1	15.435	290	2.106	32
120 unités N/ha F2	15.685	356	2.589	62

ANALYSE DE LA CROISSANCE DES CAFÉIERS ONZE MOIS APRÈS LE RECÉPAGE

Le tableau II indique les résultats des mesures et des analyses de variance. L'essai est disposé en quatre répétitions. La parcelle élémentaire comprend dix caféiers. Chaque donnée représente la moyenne de quarante mesures par traitement sans engrais (F0) ou avec engrais (F1 et F2). Il y a peu d'écarts significatifs dans la croissance des caféiers. Seuls sont significatifs :

- nombre de nœuds sur le tronc (F1 + 12,6 %, F2 + 14,4 %),
- hauteurs des troncs (F1 + 11,4 %, F2 + 17,7 %),
- longueurs des plagiotropes de rang 5 (F1 + 4,5 %, F2 + 9,3 %).

De l'examen du tableau II, il ressort que :

L'allongement des troncs et des plagiotropes

TABEAU II

Croissance du clone 182, essai D6 à Divo
 Mesures du 20 novembre 1978, dix mois après le démarrage des nouveaux troncs

	Troncs			Plagiotropes 5			Plagiotropes 10			Plagiotropes 15			
	Haut. cm	Nbre nœuds	Long. entre- nœuds cm	Long. cm	Nbre total	Nœuds avec feuilles	Long. cm	Nbre total	Nœuds avec feuilles	Long. cm	Nbre total	Nœuds avec feuilles	Nbre plagio- absent s
FO	175 b	17,4 b	10,1	39,6 b	4,9	4,7	73,8	9,4	8,5	93,4	11,4	9,6	4/10
F1	195 a	19,6 a	9,9	41,4ab	5,0	4,8	80,0	10,1	9,6	97,9	12,4	10,8	0,8/10
F2	206 a	19,9 a	10,4	43,3 a	5,0	4,8	76,5	9,8	9,2	95,1	11,9	11,0	0,2/10
Seuil de signifi- cation	P=0,02	P=0,05	NS	P=0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Coef. de variation	5,2 %	6,0 %	3,6 %	3,4 %	1,7 %	2,8 %	5,2 %	4,4 %	5,9 %	4,5 %	8,9 %	11,8 %	125 %

Classement : a > b

grâce aux apports d'azote n'a pas d'influence évidente sur la productivité des caféiers, par contre l'augmentation du nombre de nœuds sur le tronc est favorable, puisqu'elle implique un plus grand nombre de plagiotropes.

On constate parallèlement qu'à partir du quinzième rang de plagiotropes, il y a plus de branches non développées chez le témoin que chez les caféiers recevant des engrais. La différence n'est pas significative à cause de la très grande variation observée. Mais cette variation provient uniquement des parcelles témoins comme le montre le tableau III.

La mesure du développement des troncs onze mois après le recépage permet déjà d'entrevoir une des causes de la meilleure productivité des caféiers recevant des engrais. Les mesures plus

TABLEAU III

Nombre de branches non développées en %
sur le nœud 15 du tronc âgé de dix mois

		FO sans engrais	F1	F2
Blocs	1	80	10	0
	2	20	10	10
	3	0	0	0
	4	60	10	0
Moyennes		40	8	2

détaillées, faites neuf mois plus tard, en août 1979, corroborent cette première impression et permettront de traduire graphiquement les différences observées.

ANALYSE DE LA CROISSANCE DES CAFÉIERS VINGT MOIS APRÈS LE RECÉPAGE

(troncs âgés de dix-neuf mois)

Sur les mêmes caféiers, on a compté en août, au stade de remplissage des fruits :

- nombre de nœuds sur un orthotrope,
- nombre de nœuds totaux, à feuilles et à fruits sur les plagiotropes de rangs 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 à partir du sommet.

Les données sont résumées dans le tableau IV, p. 262. Celui-ci montre l'influence significative de l'azote sur le nombre d'étages de l'axe orthotrope : augmentation de 5,1 % à la dose 1 et augmentation de 9,8 % à la dose 2. Pour les plagiotropes l'azote provoque l'apparition d'un nœud supplémentaire sur les branches complètement développées des

arbres recevant 60 kg/ha et de deux nœuds supplémentaires pour 120 kg/ha. Ceci se traduit par un effet significatif favorable sur le nombre de feuilles (NFe) aux étages 15, 18 et 21 à partir du sommet. Aux étages inférieurs 24, 27, 30, cet effet favorable persiste, mais est masqué par une variation plus grande d'arbre à arbre, surtout chez les témoins sans engrais (F0). Il en va de même pour les nœuds à fruits (NFr). Il y a augmentation significative aux étages 15 et 18. Les accroissements aux autres étages ne sont pas significatifs à cause de la grande variabilité chez les arbres témoins. Cette variabilité traduit un fonctionnement médiocre et irrégulier des nœuds fructifères sur ces arbres.

CALCUL DU NOMBRE TOTAL DE NŒUDS PLAGIOTROPES, DE NŒUDS À FEUILLES ET DE NŒUDS FRUCTIFÈRES

Etant donné que la croissance du caféier peut être assimilée à une fonction continue et régulière au niveau mensuel et étant donné qu'il a été montré (de Reffye et Snoeck) qu'il n'y a pas de différence majeure entre un rameau de l'étage N(i) et un rameau de l'étage N(j), on peut considérer les

rameaux plagiotropes d'étages successifs comme un seul et même rameau plagiotrope déphasé d'un laps de temps Δt , qui correspond à l'intervalle de temps nécessaire pour former un étage plagiotrope à l'instant T.

Connaissant cet intervalle et la fonction de

TABEAU IV
Croissance du clone 182, essai D6 à Divo
Mesures du 10 août 1979, vingt mois après recépage (troncs âgés de dix-neuf mois)

	F0 sans engrais		F1 60 kg N/ha		F2 120 kg N/ha	
<u>Troncs</u>						
Nombre d'étages	27,4		28,8		30,1	
% de F0	-		5,1		9,8	
Classement (P = 0,05) (coef. variat. 3,4 %)	(b)		(ab)		(a)	
<u>Plagiotropes</u>						
Noeuds totaux sur branches matures	15,6		16,8		17,6	
Noeuds par étage	<u>NFe</u>	<u>NFr</u>	<u>NFe</u>	<u>NFr</u>	<u>NFe</u>	<u>NFr</u>
Etages 3	3,3	0	3,5	0	3,4	0
6	7,6	0	7,5	0	8,0	0,1
9	11,8	0,6	11,0	0,5	12,1	1,0
12	14,3	4,8	13,4	5,1	14,3	5,3
15	12,9 xx (b)	6,8 x (b)	14,3 (a)	7,6 (ab)	15,2 (a)	8,7 (a)
18	10,2 xx (b)	8,6 x (b)	12,9 (a)	8,8 (ab)	13,2 (a)	10,0 (a)
21	7,9 x (b)	9,8	10,4 (ab)	10,3	12,2 (a)	10,9
24	6,0	10,0	7,1	11,0	9,0	11,6
27	3,8	6,7	3,8	9,8	6,6	10,3
30	-	-	-	-	5,4	9,4
<u>Plagiotropes non développés</u>						
Etages						
15	0	%	0	%	2,5	%
18	5,0	%	0	%	0	%
21	12,8	%	0	%	7,5	%
24	19,5	%	5,0	%	12,8	%
27	42,0	%	36,5	%	23,1	%
30	-		-		69,0	%

Analyse statistique :

NFe : Noeuds à feuilles : écarts significatifs du 15ème au 21ème étage.

Coefficients de variation : étage 15 : 4,1 %, étage 18 : 3,9 %, étage 21 : 15,3 %.

NFr : Noeuds à fruits : écarts significatifs aux étages 15 et 18, avec coefficients de variation de 9,4 % et 7,2 % respectivement.

croissance du rameau standard, on peut calculer le nombre de noeuds plagiotropes à n'importe quel niveau du caféier et même dessiner le graphe d'un caféier.

A partir des mesures et des comptages, il est donc

possible de reconstituer chacun des rameaux plagiotropes du caféier, d'en déterminer le nombre de noeuds, de noeuds à feuilles et de noeuds à fruits. Ceci a été fait pour chaque traitement et donne les courbes représentées dans les graphiques 1, 2, 3.

DÉVELOPPEMENT DES RAMEAUX PLAGIOTROPES

Le nombre de noeuds (Np) en fonction de l'âge de l'étage est donné dans le graphique 1, p. 263.

$$F0: Np = 15,6(1 - e^{-0,183(T_0 - t)}) - 0,20 \quad r = 0,93,$$

$$F1: Np = 16,8(1 - e^{-0,204(T_0 - t)}) + 0,04 \quad r = 0,98,$$

$$F2: Np = 17,6(1 - e^{-0,184(T_0 - t)}) + 0,07 \quad r = 0,96,$$

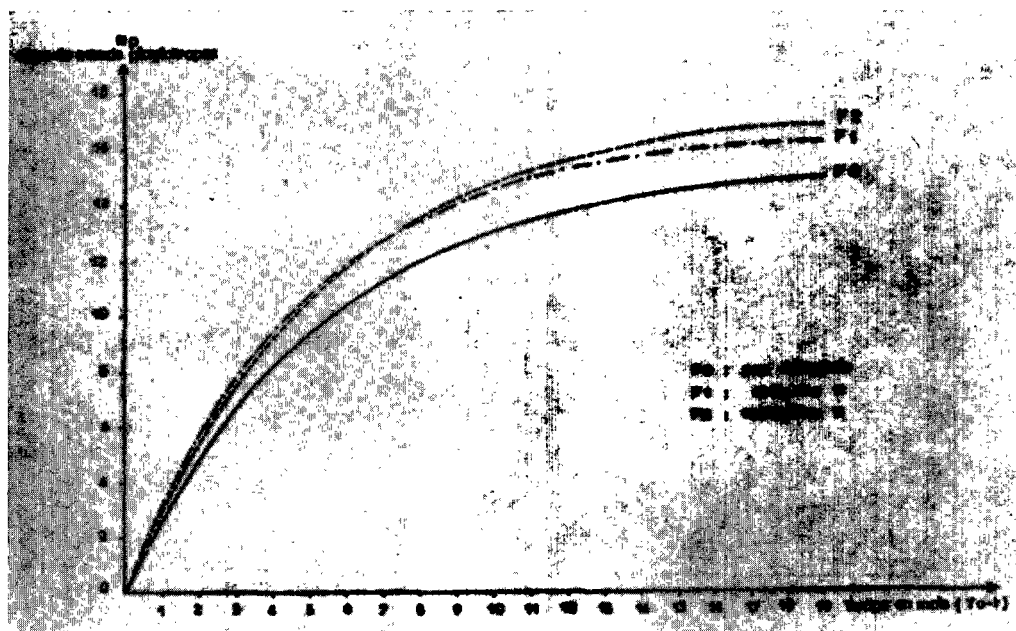
où $T_0 = 19$ mois et $(T_0 - t)$ est l'âge auquel est formé un plagiotrope.

Le nombre de noeuds à feuilles (NFe) en fonction de l'âge de l'étage, pour $(T_0 - t) > 10$ mois, car les branches de moins de dix mois portent des feuilles sur tous les noeuds, est donné dans le graphique 2, p. 263.

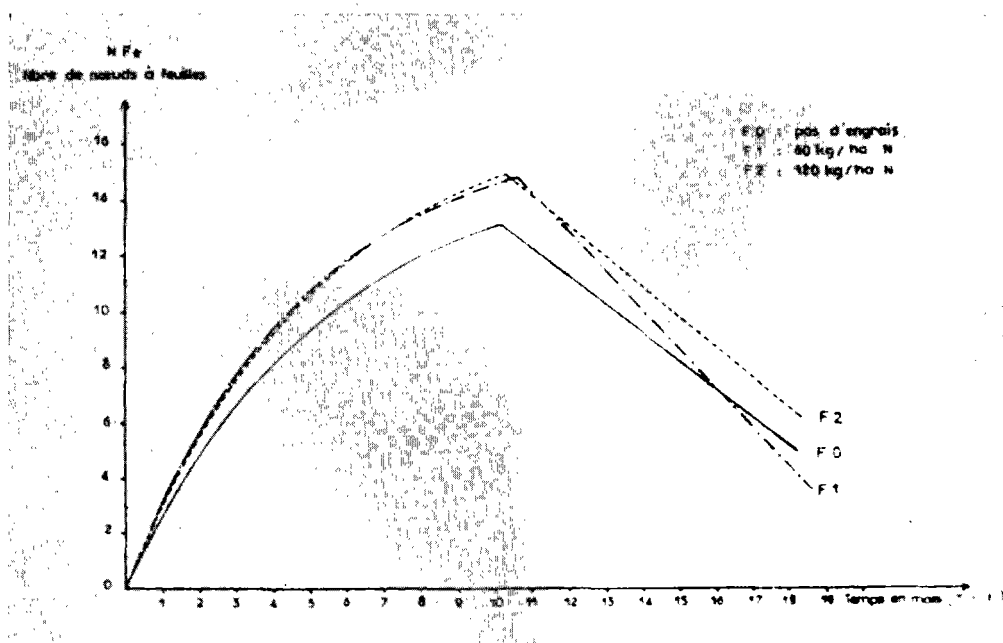
$$F0: NFe = -1,02(T_0 - t) + 23,5 \quad r = 0,99,$$

$$F1: NFe = -1,41(T_0 - t) + 29,8 \quad r = 0,98,$$

$$F2: NFe = -1,09(T_0 - t) + 26,1 \quad r = 0,99.$$



Graphique 1. — Nombre de nœuds sur les rameaux plagiotropes en fonction de l'âge de l'étage



Graphique 2. — Nombre de nœuds à feuilles sur les rameaux en fonction de l'âge de l'étage

Le nombre de nœuds à fruits (NFr) en fonction de l'âge de l'étage est donné dans le graphique 3, p. 264.

$$F0: NFr = -0,118(T_0 - t)^2 + 3,57(T_0 - t) - 17,46$$

$$r = 0,98$$

$$F1: NFr = -0,110(T_0 - t)^2 + 3,45(T_0 - t) - 16,42$$

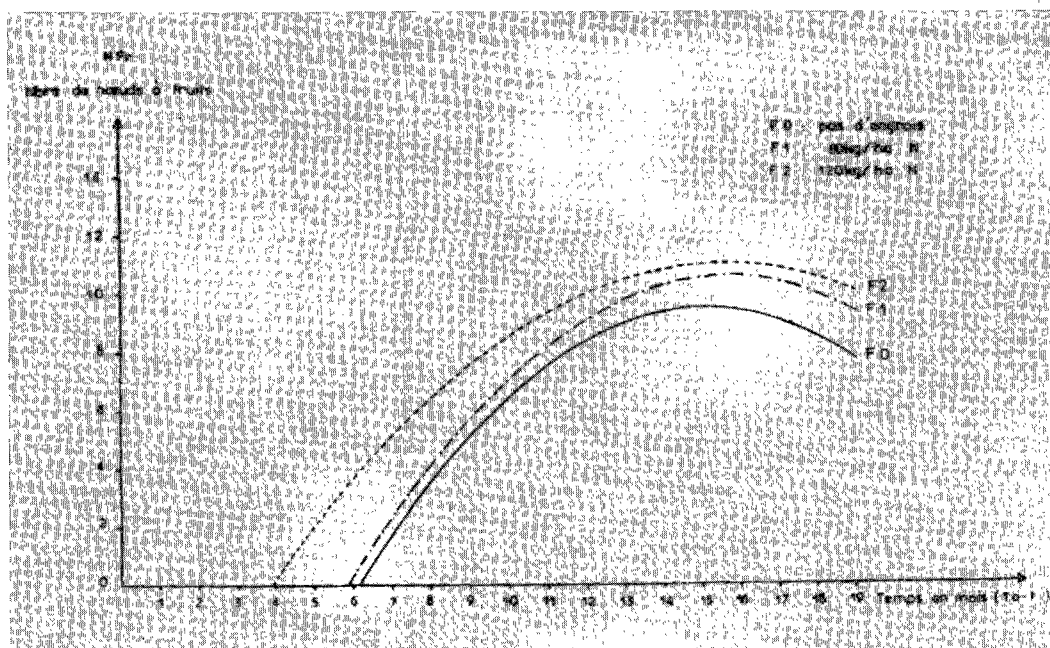
$$r = 0,99$$

$$F2: NFr = -0,081(T_0 - t)^2 + 2,52(T_0 - t) - 8,54$$

$$r = 0,98$$

Les ajustements avec les valeurs observées sont tous excellents, puisque celles-ci sont significatives au seuil de 1 ‰ (sauf F1-NFe qui est significatif à 1 %).

L'examen des courbes et des graphiques montre clairement l'effet de l'engrais sur le nombre de nœuds fructifères. Par contre, il n'y a pas d'effet sensible sur la longévité des feuilles, qui commencent à diminuer vers le mois 10-11.



Graphique 3. — Nombre de nœuds à fruits sur les rameaux en fonction de l'âge de l'étage

cent à tomber vers le dixième mois pour les trois traitements.

En tenant compte du pourcentage de bourgeons extra-axillaires qui ne se sont pas développés en rameaux plagiotropes, on peut déterminer le nombre de nœuds totaux, à feuilles et à fruits que por-

taient les caféiers à dix-neuf mois. Il suffit de faire le compte pour chaque étage en vie (cf. tableau V).

On peut conclure que les surcroûts de récolte sont dus pour une part importante au plus grand nombre de nœuds fructifères produits par les arbres en réponse aux apports d'engrais.

TABLEAU V

	FO sans engrais	F1 60 kg/ha N	% FO	F2 120 kg/ha N	% FO
Noeuds totaux	271	343	26	336	24
Noeuds à feuilles	210	260	24	265	26
Noeuds à fruits	119	151	27	170	43
Productions kg/ha	1.600	2.106	32	2.589	62

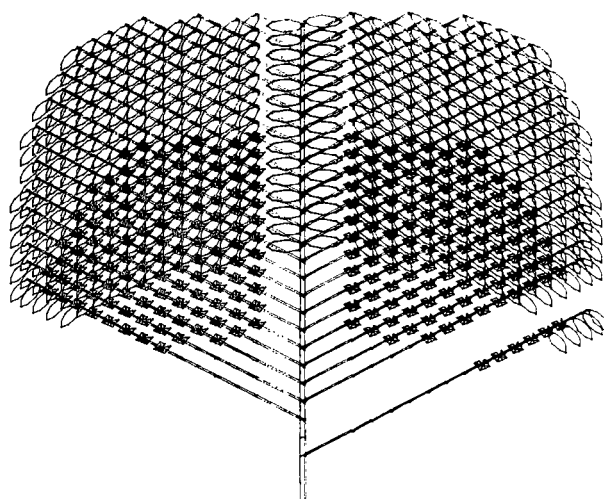
SIMULATION ET GRAPHE DES CAFÉIERS À DIX-NEUF MOIS

Un programme de construction graphique du caféier à partir de ces courbes de croissance a été mis au point afin de mieux visualiser l'influence de l'engrais sur l'architecture de l'arbre. Le caféier est tracé en deux dimensions avec des entre-nœuds de longueur conforme aux mesures. L'emplacement des feuilles et des fruits est schématisé par des symboles alpha-numériques. Les graphiques obtenus avec le micro-ordinateur HP 9825 et sa table traçante reproduisent, à un entre-nœud près sur chaque étage plagiotrope, les caractéristiques

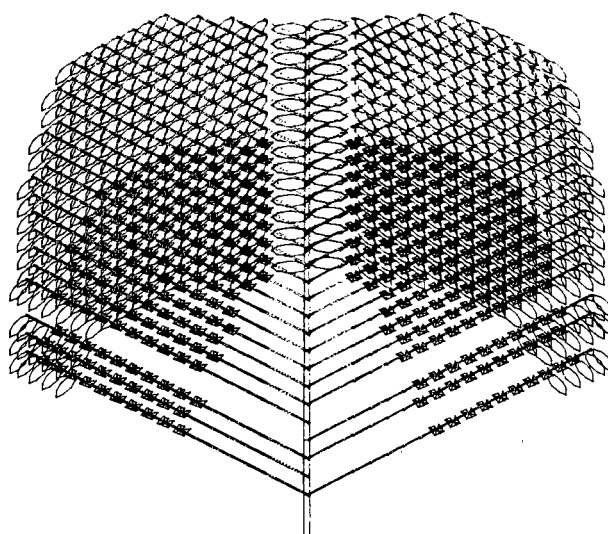
mesurées. On distingue la zone feuillue qui est limitée par l'extrémité des branches et par l'âge de la feuille. La cinétique de croissance du bourgeon plagiotrope de type amortie donne à la zone feuillue sa forme caractéristique.

On distingue encore la zone fructifère qui chevauche partiellement la zone feuillue. La zone fructifère est limitée apicalement par l'âge trop jeune des bourgeons floraux et basalement par l'épuisement des stocks de ces bourgeons.

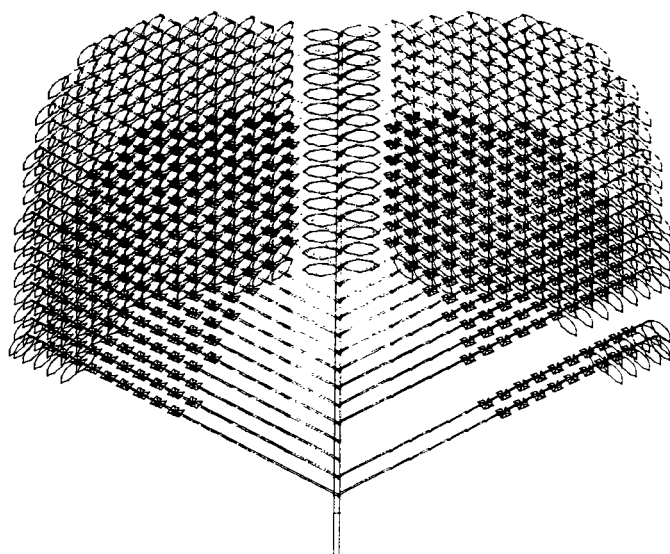
On remarque que certaines branches manquent



Architecture du clone Robusta 182 sans engrais (F_0)



Architecture du clone Robusta 182
avec engrais, dose 1 (F_1)



Architecture du clone Robusta 182
avec engrais, dose 2 (F_2)

au pied de l'arbre. Ceci est dû à l'inhibition fréquente du démarrage des premiers primaires (voir tableau IV).

La géométrie de l'arbre est ainsi reconstituée.

On s'aperçoit alors directement que l'engrais exerce son influence surtout par la formation d'une zone fructifère plus étendue, qui correspond à un développement végétatif plus important de l'arbre.

CONCLUSION

Les mesures et comptages faits sur les caféiers de l'essai de dose à Divo ont permis de mettre en évidence une bonne relation entre la récolte enregistrée et la croissance des troncs et des branches primaires. Les apports d'engrais augmentent significativement le nombre total de nœuds fructifères, conséquence de l'accroissement du nombre d'étages

sur le tronc et du nombre de nœuds sur les rameaux plagiotropes.

La représentation graphique et la simulation mathématique sur ordinateur des courbes de croissance permettent de bien visualiser l'influence de l'engrais sur l'architecture des arbres et les paramètres responsables du surcroît de production.

BIBLIOGRAPHIE

REFFYE (Ph. de), SNOECK (J.). — Modèle mathématique de base pour l'étude et la simulation de la croissance et de l'architecture du *Coffea robusta*. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 20, n° 1, 1976, p. 11-32.

SNOECK (J.), DUCEAU (P.). — Essais d'engrais minéraux sur *Coffea canephora* en Côte d'Ivoire : Production et rentabilité. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 22, n° 4, 1978, p. 285-302.

SNOECK (J.), REFFYE (Ph. de). — Influence des engrais sur l'architecture et la croissance du caféier Robusta. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 259-266, tabl., graph., réf.

SNOECK (J.), REFFYE (Ph. de). — Influence of fertilizers on the architecture and growth of Robusta coffee tree. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 259-266, tabl., graph., réf.

En Côte d'Ivoire, sur divers types de sol, l'engrais azoté donne des accroissements de récolte très significatifs et rentables. Il a paru intéressant de tenter de déterminer quelle était la part du développement végétatif des caféiers dans ces augmentations.

L'étude de la croissance de troncs âgés de dix-neuf mois, portant leur première récolte après le recépage, montre une excellente relation entre le nombre total de nœuds fructifères et cette récolte. Les deux doses d'azote permettent d'accroître le nombre de nœuds fructifères respectivement de 27 % et de 43 %, tandis que la production augmente de 32 % et de 62 %.

Les courbes de croissance et la simulation mathématique montrent clairement la part du développement accru des caféiers dans les surcroîts de récolte enregistrés.

In the Ivory Coast, on different soil types, nitrogen fertilizer increases significantly and economically the yield of coffee trees. It seemed of interest to determine what was the part of vegetative development in these increments.

The growth study of stems 19 months old, bearing their first crop after cutting back, shows a very good relation between the total number of bearing nodes and this hanging crop. The two levels of nitrogen increase the number of bearing nodes by 27 % and 43 % respectively, whilst the corresponding yield increases are 32 % and 62 %.

The growth curves and the mathematical simulation clearly show the part of the increased development of the coffee trees responsible for the yield increments.

SNOECK (J.), REFFYE (Ph. de). — Einfluss der Düngemittel auf die Architektur und das Wachstum des Kaffeebaums Robusta. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 259-266, tabl., graph., réf.

SNOECK (J.), REFFYE (Ph. de). — Influencia de los fertilizantes respecto a la arquitectura y al crecimiento del café Robusta. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 259-266, tabl., graph., réf.

Auf verschiedenen Bodenarten bewirkt der Stickstoffdünger äusserst signifikante und rentable Erntesteigerungen. Es schien von Interesse festzustellen zu versuchen welchen Anteil die vegetative Entwicklung der Kaffeebäume an dieser Zunahme hat.

Die Wachstumuntersuchung von neunzehn Monaten alten ihre erste Ernte nach dem Zurückschneiden tragenden Stämmen zeigt eine ausgezeichnete Beziehung zwischen der Gesamtzahl der fruchttragenden Astknoten und dieser Ernte. Die beiden Stickstoffgaben erhöhen die Zahl der fruchttragenden Astknoten um 27 bzw. 43 % während die Produktion eine Steigerung von 32 % und 62 % erfährt.

Die Wachstumkurven und die mathematische Simulation zeigen deutlich den Anteil der verstärkten Entwicklung der Kaffeebäume bei den verzeichneten Erntezunahmen.

En Costa de Marfil, el fertilizante nitrogenado proporciona incrementos de la cosecha sumamente significativos y rentables en distintos tipos de suelo. Ha parecido interesante intentar determinar cuál era la parte del desarrollo vegetativo de los cafés en estos aumentos.

El estudio del crecimiento de los troncos, de diez y nueve años de edad, que han dado su primera cosecha tras recopa, demuestra la excelente relación entre el número total de nudos fructíferos y dicha cosecha. Las dos dosis de nitrógeno permiten incrementar el número de nudos fructíferos de, respectivamente, un 27 % y un 43 %, al mismo tiempo que se obtiene un aumento de la producción equivalente a un 32 % y a un 62 %.

Las curvas de crecimiento y la simulación matemática muestran claramente la parte del desarrollo acrecentado de los cafés en los aumentos registrados de las cosechas.